

(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

(11) N° de publication :

2 779 271

(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

(21) N° d'enregistrement national :

98 06607

(51) Int Cl⁶ : H 01 J 9/02, H 01 J 1/30, 31/12

(12)

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

(22) Date de dépôt : 26.05.98.

(30) Priorité :

(43) Date de mise à la disposition du public de la
demande : 03.12.99 Bulletin 99/48.

(56) Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du
présent fascicule*

(60) Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

(71) Demandeur(s) : COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATO-
MIQUE Etablissement de caractère scientifique techni-
que et industriel — FR.

(72) Inventeur(s) : PERRIN AIME, MONTMAYEUL BRI-
GITTE et BLANC REGIS.

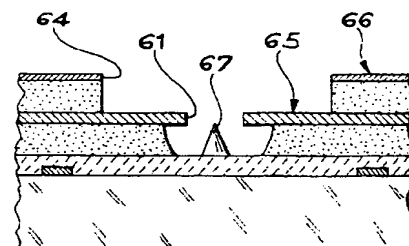
(73) Titulaire(s) :

(74) Mandataire(s) : BREVATOME.

(54) PROCEDE DE FABRICATION D'UNE SOURCE D'ELECTRONS A MICROPOINTES, A GRILLE DE
FOCALISATION AUTO-ALIGNEE.

(57) L'invention concerne un procédé de fabrication d'une
source d'électrons à micropointes (67), à grille d'extraction
et à grille de focalisation. Ce procédé permet d'obtenir l'ali-
gnement précis des trous (61) de la grille d'extraction (65)
avec les ouvertures (64) de la grille de focalisation (66) en
mettant en oeuvre une seule étape de photolithographie,
celle permettant de réaliser les trous de la grille d'extraction.

Application à la réalisation d'une source d'électrons à
micropointes pour écran plat de visualisation.



FR 2 779 271 - A1



PROCEDE DE FABRICATION D'UNE SOURCE D'ELECTRONS A
MICROPOINTES, A GRILLE DE FOCALISATION AUTO-ALIGNEE

5 Domaine technique

La présente invention concerne un procédé de fabrication d'une source d'électrons à micropointes, à grille de focalisation auto-alignée. Une telle source
10 d'électrons à micropointes est notamment utilisable dans un dispositif de visualisation par cathodoluminescence excitée par émission de champ.

Etat de la technique antérieure

15

Les documents FR-A-2 593 953 et FR-A-2 623 013 divulguent des dispositifs de visualisation par cathodoluminescence excitée par
20 émission de champ. Ces dispositifs comprennent une source d'électrons à cathodes émissives à micropointes.

A titre d'illustration, la figure 1 est une vue en coupe transversale d'un tel écran de visualisation à micropointes. Par souci de simplification, seulement quelques micropointes
25 alignées ont été représentées. L'écran est constitué par une cathode 1, qui est une structure plane, disposée en regard d'une autre structure plane formant l'anode 2. La cathode 1 et l'anode 2 sont séparées par un espace dans lequel on a fait le vide. La cathode 1
30 comprend un substrat de verre 11 sur lequel est déposé le niveau conducteur 12 en contact avec les pointes émettrices d'électrons 13. Le niveau conducteur 12 est recouvert d'une couche isolante 14, par exemple en silice, elle-même recouverte d'une couche conductrice
35 15. Des trous 18, d'environ 1,3 μm de diamètre, ont été

réalisés au travers des couches 14 et 15 jusqu'au niveau conducteur 12 pour déposer les pointes 13 sur ce niveau conducteur. La couche conductrice 15 sert de grille d'extraction pour les électrons qui seront émis
5 par les pointes 13. L'anode 2 comprend un substrat transparent 21 recouvert d'une électrode transparente 22 sur laquelle sont déposés des phosphores luminescents ou luminophores 23.

Le fonctionnement de cet écran va
10 maintenant être décrit. L'anode 2 est portée à une tension positive de plusieurs centaines de volts par rapport aux pointes 13 (typiquement 200 à 500 V). Sur la grille d'extraction 15, on applique une tension positive de quelques dizaines de volts (typiquement 60
15 à 100 V) par rapport aux pointes 13. Des électrons sont alors arrachés aux pointes 13 et sont attirés par l'anode 2. Les trajectoires des électrons sont comprises dans un cône de demi-angle au sommet θ dépendant de différents paramètres, entre autres de la
20 forme des pointes 13. Cet angle entraîne une défocalisation du faisceau d'électrons 31 d'autant plus importante que la distance entre l'anode et la cathode est grande. Or, l'une des façons d'augmenter le rendement des phosphores, donc la luminosité des
25 écrans, est de travailler avec des tensions anode-cathode plus grandes (entre 1 000 et 10 000 V), ce qui implique d'écarter davantage l'anode et la cathode afin d'éviter la formation d'un arc électrique entre ces deux électrodes.

30 Si on désire conserver une bonne résolution sur l'anode, il faut refocaliser le faisceau d'électrons. Cette refocalisation est obtenue classiquement grâce à une grille qui peut être soit placée entre l'anode et la cathode, soit disposée sur
35 la cathode.

La figure 2 illustre le cas où la grille de focalisation est disposée sur la cathode. La figure 2 reprend l'exemple de la figure 1 mais limité à une seule micropointe pour plus de clarté dans le dessin.

5 Une couche isolante 16 a été déposée sur la grille d'extraction 15 et supporte une couche métallique 17 servant de grille de focalisation. Des trous 19, de diamètre adéquat (typiquement entre 8 et 10 μm) et concentriques aux trous 18, ont été gravés dans les
10 couches 16 et 17. La couche isolante 16 sert à isoler électriquement la grille d'extraction 15 et la grille de focalisation 17. La grille de focalisation est polarisée par rapport à la cathode de façon à donner au faisceau d'électrons 32 la forme représentée à la
15 figure 2.

Des calculs de simulation montrent que le centrage des trous 19 de la grille de focalisation par rapport aux trous 18 de la grille d'extraction est extrêmement critique. Cette structure est généralement
20 réalisée avec les techniques classiques de photolithogravure utilisées en microélectronique. Par exemple, avec un premier niveau de photolithogravure on définit les trous 19 de la grille de focalisation, puis un second niveau de photolithogravure permet de
.25 réaliser les trous 18 dans lesquels seront placées les pointes. Pour un bon fonctionnement, le second niveau doit être positionné de façon extrêmement précise par rapport au premier niveau. Ceci ne peut être réalisé qu'avec un appareillage très performant et donc très
30 onéreux, ce qui sera d'autant plus pénalisant que l'on traitera de grandes surfaces. En outre, si les trous de la grille d'extraction sont réalisés par photolithographie à partir d'un réseau de microbilles, leur disposition est aléatoire, ce qui interdit

l'utilisation d'un photomasque pour réaliser les ouvertures de la grille de focalisation.

Exposé de l'invention

5

L'invention permet de remédier au problème de précision d'alignement de trous situés à des niveaux différents. Ceci est obtenu grâce à un procédé qui ne nécessite qu'une seule étape de photolithographie, celle permettant de réaliser les trous de la grille d'extraction.

L'invention a donc pour objet un procédé de fabrication d'une source d'électrons à micropointes, à grille d'extraction et à grille de focalisation, comprenant :

- le dépôt successif sur une face d'un support électriquement isolant de moyens de connexion cathodiques, d'une première couche isolante d'épaisseur adaptée à la hauteur des futures micropointes, d'une première couche conductrice destinée à former la grille d'extraction, d'une deuxième couche isolante d'épaisseur correspondant à la distance devant séparer la grille d'extraction de la grille de focalisation, d'une deuxième couche conductrice destinée à former la grille de focalisation et d'une couche de résine photosensible ;

- la gravure, par photolithographie, de la couche de résine photosensible pour y réaliser des trous débouchant sur la deuxième couche conductrice, dont les axes correspondent aux axes des futures micropointes et dont le diamètre est adapté à la taille des futures micropointes, ces trous permettant la gravure des autres couches déposées sur le support ;

- la gravure de la deuxième couche conductrice pour y réaliser des trous débouchant sur la deuxième couche isolante ;

5 - la gravure de la deuxième couche isolante pour y réaliser des cavités prévues pour s'étendre latéralement jusqu'à une dimension correspondant aux ouvertures de la grille de focalisation et révélant la première couche conductrice ;

10 - la gravure de la première couche conductrice pour y réaliser les trous de la grille d'extraction ;

15 - la gravure de trous dans la première couche isolante jusqu'à atteindre les moyens de connexion cathodiques en vue d'obtenir des logements pour les micropointes ;

- l'élargissement par gravure des trous de la deuxième couche conductrice pour obtenir les ouvertures de la grille de focalisation ;

20 - l'élimination de la couche de résine photosensible subsistante après les opérations de gravure ;

- la formation des micropointes dans leur logement, sur les moyens de connexion cathodiques.

25 Préférentiellement, les moyens de connexion cathodique sont obtenus par un dépôt de conducteurs cathodique sur le support, suivi d'un dépôt d'une couche résistive.

30 Une première manière de réaliser la gravure de la deuxième couche isolante consiste à procéder de la façon suivante :

- on grave d'abord la deuxième couche isolante pour obtenir des trous dans le prolongement des trous de la couche de résine photosensible et débouchant sur la première couche conductrice ;

- on grave ensuite la première couche conductrice pour obtenir des trous borgnes dans le prolongement des trous de la couche de résine photosensible, ces trous borgnes constituant des amorces des trous de la grille d'extraction ;

- on poursuit enfin la gravure de la deuxième couche isolante jusqu'à y obtenir lesdites cavités.

La gravure des trous dans la première couche isolante peut être d'abord menée de manière anisotrope, lesdits logements étant ensuite définis par gravure isotrope.

Une seconde manière de réaliser la gravure de la deuxième couche isolante consiste à procéder de la façon suivante. Les première et deuxième couches isolantes étant aptes à être gravées simultanément, la gravure de la deuxième couche isolante est d'abord menée de manière isotrope pour obtenir des ébauches de cavités, atteindre la première couche conductrice et y révéler des zones permettant de réaliser les trous de la grille d'extraction, les trous de la grille d'extraction étant ensuite gravés dans la première couche conductrice, une gravure isotrope étant enfin poursuivie pour obtenir simultanément lesdits logements dans la première couche isolante et lesdites cavités à ladite dimension dans la deuxième couche isolante.

Brève description des dessins

L'invention sera mieux comprise et d'autres avantages et particularités apparaîtront à la lecture de la description qui va suivre, donnée à titre d'exemple non limitatif, accompagnée des figures annexées parmi lesquelles :

- la figure 1, déjà décrite, est illustrative d'un écran plat à micropointes selon l'art connu ;

5 - la figure 2, déjà décrite, est illustrative d'un écran plat à micropointes et à grille de focalisation selon l'art connu ;

10 - les figures 3A à 3F illustrent la fabrication d'une source d'électrons à micropointes selon une première façon de mettre en oeuvre le procédé de la présente invention ;

- les figures 4A à 4D illustrent la fabrication d'une source d'électrons à micropointes selon une seconde façon de mettre en oeuvre le procédé de la présente invention ;

15 - la figure 5 est une vue partielle et en perspective d'une source d'électrons à micropointes réalisée par le procédé selon la présente invention et dont les micropointes sont disposées en lignes, la distance entre les micropointes adjacentes d'une même
20 ligne étant inférieure au diamètre des trous de la grille de focalisation ;

- la figure 6 est une vue partielle et en perspective d'une source d'électrons à micropointes réalisée par le procédé selon la présente invention, la
25 distance entre deux micropointes adjacentes étant supérieure au diamètre des trous de la grille de focalisation.

30 Description détaillée de modes de réalisation de l'invention

Les figures 3A à 3F sont des vues en coupe transversale d'une source d'électrons à micropointes en cours de fabrication selon un premier mode de mise en
35 oeuvre du procédé suivant l'invention.

Sur un support 50, constitué par une lame de verre, on dépose (voir la figure 3A) une couche métallique qui est gravée pour constituer des conducteurs cathodiques 51 parallèles entre eux. Ces conducteurs cathodiques 51 serviront par exemple de colonnes pour un affichage matriciel. Une couche résistive 52 est ensuite déposée de manière uniforme. Sur cette couche résistive 52, on dépose successivement une première couche isolante 53, une première couche conductrice 54 destinée à constituer la grille d'extraction de la source d'électrons à micropointes, une deuxième couche isolante 55 et une deuxième couche conductrice 56 destinée à constituer la grille de focalisation. Les épaisseurs des couches isolantes 53 et 55 sont choisies en fonction de la hauteur prévues pour les micropointes et de la distance devant séparer la grille d'extraction de la grille de focalisation. Une couche de résine photosensible 57 est ensuite déposée de manière uniforme sur la deuxième couche conductrice 56.

La couche de résine photosensible 57 est insolée au travers d'un masque puis développée pour y réaliser des trous 58 d'axes correspondant aux axes des micropointes à former (voir la figure 3B où un seul trou 58 a été représenté). Ces trous permettent la gravure des couches sous-jacentes. Ainsi, les trous 58 sont prolongés de trous 59 gravés dans la deuxième couche conductrice 56, lesquels sont à leur tour prolongés de trous 60 gravés dans la deuxième couche isolante 55.

Ces enfilades de trous 58, 59 et 60 sont ensuite prolongées de trous 61 gravés dans l'épaisseur de la première couche conductrice 54. A ce stade, les trous 61 ne traversent pas la première couche conductrice 54.

On procède ensuite, toujours par gravure, à l'élargissement des trous 60 réalisés dans la deuxième couche isolante 55 jusqu'à un diamètre déterminé correspondant au diamètre des ouvertures à créer dans la grille de focalisation. On obtient des cavités 68
5 comme le montre la figure 3C.

On poursuit ensuite la gravure des trous 61 dans la première couche conductrice 54 afin de révéler la première couche isolante 53. Les trous 61 sont alors
10 prolongés, par gravure, de trous 62 réalisés dans la première couche isolante 53 jusqu'à atteindre la couche résistive 52 qui est ainsi révélée.

Afin d'assurer des logements appropriés pour les micropointes, les trous 62 réalisés dans la première couche isolante 53 sont élargis par gravure
15 isotrope. On obtient les logements 63 visibles sur la figure 3D. Ensuite, la deuxième couche conductrice 56 est gravée de façon à élargir les trous de cette couche jusqu'à la dimension des cavités 68 de la deuxième
20 couche isolante 55. On obtient ainsi les ouvertures 64 de la grille de focalisation.

La résine photosensible est alors éliminée et l'on obtient la structure représentée à la figure 3E. La grille d'extraction 65 et la grille de
25 focalisation 66 sont alors définitivement formées. Grâce au procédé selon la présente invention chaque ouverture 64 de la grille de focalisation 66 est parfaitement alignée avec le trou 61 correspondant de la grille d'extraction 65.

La dernière étape du procédé consiste à
30 réaliser les micropointes par une méthode connue de l'homme de l'art. Chaque micropointe 67 est ainsi parfaitement alignée sur l'axe du trou 61 correspondant de la grille d'extraction 65 et sur l'axe de

l'ouverture 64 correspondante de la grille de focalisation 66.

Les figures 4A à 4D sont des vues en coupe transversale d'une source d'électrons à micropointes en cours de fabrication selon un deuxième mode de mise en oeuvre du procédé suivant l'invention. Ce mode de mise en oeuvre est utilisable dans le cas où les deux couches isolantes sont de même nature ou ne se gravent pas chimiquement de façon sélective.

Sur les figures 4A à 4D, les mêmes références que sur les figures 3A à 3F désignent les mêmes éléments, seule la nature des matériaux pouvant changer.

Comme précédemment, la couche de résine photosensible 57 est insolée au travers d'un masque puis développée pour y réaliser les trous 58 et ces trous 58 sont prolongés de trous 59 gravés dans la deuxième couche conductrice 56 (voir la figure 4A).

A partir des enfilades de trous 58 et 59, on réalise dans la deuxième couche isolante 55, par gravure isotrope, des cavités 70 telles que leur dimension maximale ait une valeur déterminée, inférieure à la dimension des ouvertures de grille de focalisation à réaliser (voir la figure 4B).

Ensuite, une gravure anisotrope de la première couche conductrice 54 permet de réaliser dans celle-ci des trous 61 dans le prolongement des trous 58 et 59. Ces trous 61 constituent les trous de la grille d'extraction. Ils révèlent la première couche isolante 53.

On procède ensuite à la gravure isotrope de la première couche isolante 53 pour obtenir dans cette couche des logements 71 centrés sur l'axe des trous 61 (voir la figure 4C). Les deux couches isolantes 53 et 55 étant de même nature, cette gravure entraîne un

élargissement des cavités déjà réalisées dans la deuxième couche isolante 55 pour obtenir des cavités 72. Les deux étapes de gravure de la deuxième couche isolante 55 sont prévues pour obtenir finalement des
5 cavités 72 dont la dimension maximale correspond aux ouvertures de la grille de focalisation.

Ensuite, la deuxième couche conductrice 56 est gravée de façon à élargir les trous de cette couche jusqu'à la dimension maximale des cavités 72 de la
10 deuxième couche isolante 55. On obtient ainsi les ouvertures 64 de la grille de focalisation.

La résine photosensible est ensuite éliminée (voir la figure 4D) et les micropointes 67 peuvent être déposées sur la couche résistive 52.
15 Chaque micropointe 67 est ainsi parfaitement alignée sur l'axe du trou 61 correspondant de la grille d'extraction 65 et sur l'axe de l'ouverture 64 correspondante de la grille de focalisation 66.

Suivant la nature des matériaux utilisés
20 pour réaliser les différentes couches et suivant la précision désirée, de nombreuses variantes du procédé selon l'invention sont possibles, en regroupant certaines étapes ou en modifiant leur ordre.

Différentes géométries sont possibles pour
25 la grille de focalisation. La figure 5 montre un exemple de source d'électrons à micropointes obtenue par le premier mode de mise en oeuvre du procédé de la présente invention. Dans cet exemple les trous 61 de la grille d'extraction 65 et les micropointes 67 sont
30 disposés suivant des lignes parallèles. La distance séparant deux trous 61 successifs d'une même ligne est inférieure à l'ouverture 64 de la grille de focalisation 66. La distance entre deux lignes de micropointes adjacentes est supérieure à cette
35 ouverture. L'élargissement des trous dans les couches

55 et 56 jusqu'au diamètre voulu pour la grille de focalisation 66 rend sécants ces trous. Les ouvertures de la grille de focalisation correspondant à une même ligne de micropointes 67 constituent alors des fentes
5 aux bords festonnés, les axes de ces fentes étant confondus avec les lignes sur lesquelles sont disposés les micropointes correspondantes. Pour une telle structure, la focalisation des électrons se fait uniquement dans la direction perpendiculaire aux plans
10 de symétrie des fentes. Les luminophores placés sur l'anode qui, dans le dispositif de visualisation, fait face à la cathode doivent alors être disposés suivant des lignes parallèles aux lignes d'émetteurs.

La figure 6 montre un autre exemple de
15 sources d'électrons à micropointes obtenue par le premier mode de mise en oeuvre de la présente invention. Dans cet exemple les trous 61 de la grille d'extraction 65 sont situés les uns par rapport aux autres à une distance supérieure au diamètre des
20 ouvertures 64 de la grille de focalisation 66. Dans ce cas, les ouvertures 64 de la grille de focalisation 66 sont des trous concentriques aux trous 61 de la grille d'extraction 65. Les électrons émis par les micropointes 67 sont alors focalisés quelle que soit
25 leur direction d'émission.

REVENDICATIONS

1. Procédé de fabrication d'une source d'électrons à micropointes (67), à grille d'extraction (65) et à grille de focalisation (66), comprenant :
- 5 - le dépôt successif sur une face d'un support électriquement isolant (50) de moyens de connexion cathodiques (51, 52), d'une première couche isolante (53) d'épaisseur adaptée à la hauteur des futures micropointes, d'une première couche conductrice
10 (54) destinée à former la grille d'extraction, d'une deuxième couche isolante (55) d'épaisseur correspondant à la distance devant séparer la grille d'extraction de la grille de focalisation, d'une deuxième couche
15 conductrice (56) destinée à former la grille de focalisation et d'une couche de résine photosensible (57) ;
 - la gravure, par photolithographie, de la couche de résine photosensible (57) pour y réaliser des
20 trous (58) débouchant sur la deuxième couche conductrice (56), dont les axes correspondent aux axes des futures micropointes et dont le diamètre est adapté à la taille des futures micropointes, ces trous (58) permettant la gravure des autres couches déposées sur
25 le support (50) ;
 - la gravure de la deuxième couche conductrice (56) pour y réaliser des trous (59) débouchant sur la deuxième couche isolante (55) ;
 - la gravure de la deuxième couche isolante
30 (55) pour y réaliser des cavités (68, 72) prévues pour s'étendre latéralement jusqu'à une dimension correspondant aux ouvertures de la grille de focalisation et révélant la première couche conductrice (54) ;

- la gravure de la première couche conductrice (54) pour y réaliser les trous (61) de la grille d'extraction ;

5 - la gravure de trous dans la première couche isolante (53) jusqu'à atteindre les moyens de connexion cathodiques (51, 52) en vue d'obtenir des logements (63, 71) pour les micropointes ;

10 - l'élargissement par gravure des trous (59) de la deuxième couche conductrice (56) pour obtenir les ouvertures (64) de la grille de focalisation ;

- l'élimination de la couche de résine photosensible subsistante après les opérations de gravure ;

15 - la formation des micropointes (67) dans leur logement (63, 71), sur les moyens de connexion cathodiques (51, 52).

20 2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que les moyens de connexion cathodiques sont obtenus par un dépôt de conducteurs cathodiques (51) sur le support (50), suivi d'un dépôt d'une couche résistive (52).

25 3. Procédé selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que la gravure de la deuxième couche isolante (55) est effectuée de la façon suivante :

30 - on grave d'abord la deuxième couche isolante (55) pour obtenir des trous (60) dans le prolongement des trous (58) de la couche de résine photosensible (57) et débouchant sur la première couche conductrice (54) ;

- on grave ensuite la première couche conductrice (54) pour obtenir des trous borgnes dans le prolongement des trous (58) de la couche de résine

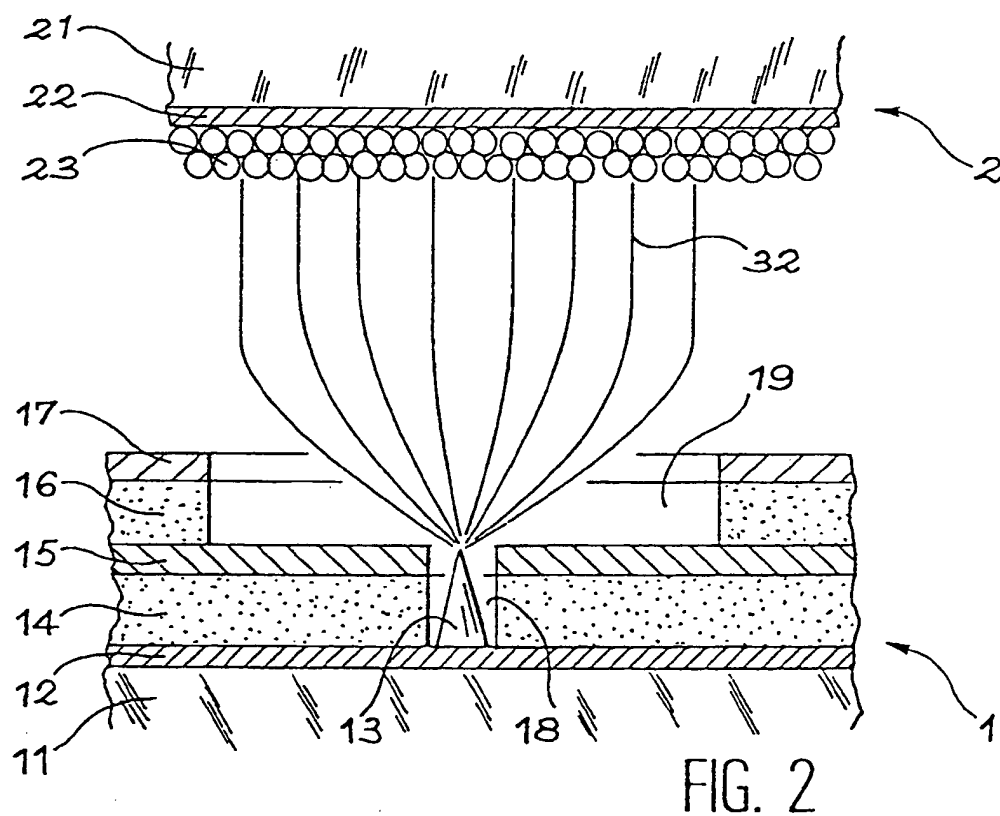
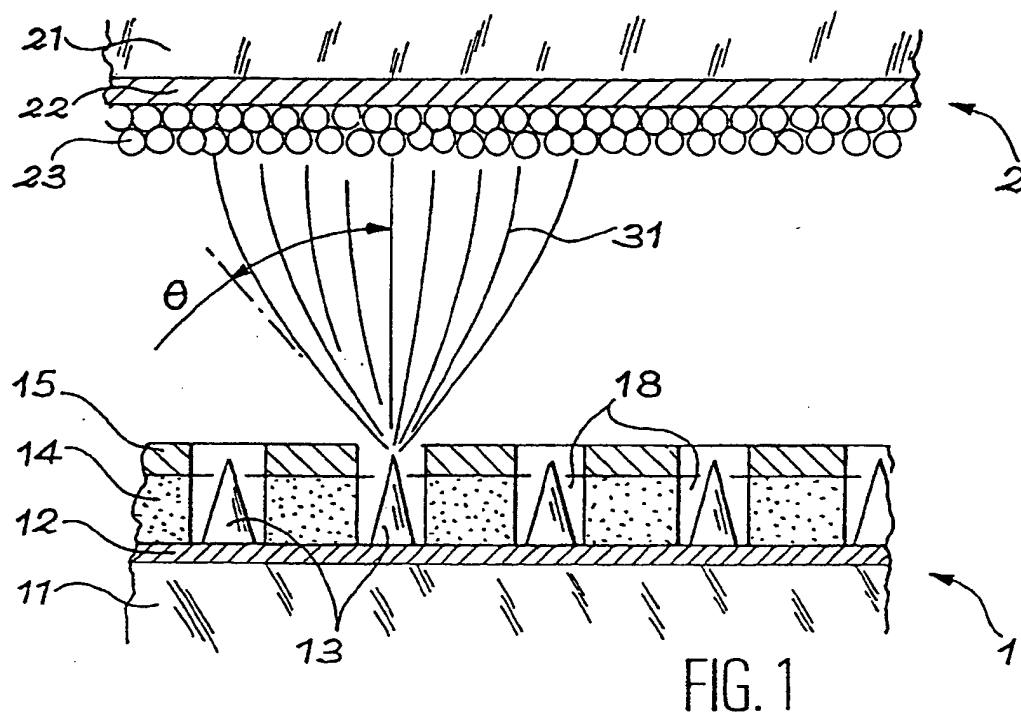
photosensible (57), ces trous borgnes constituant des amorces des trous (61) de la grille d'extraction ;

- on poursuit enfin la gravure de la deuxième couche isolante (55) jusqu'à y obtenir
5 lesdites cavités (68).

4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que la gravure des trous dans la première couche isolante (53) est d'abord menée de manière anisotrope, lesdits logements
10 (63) étant ensuite définis par gravure isotrope.

5. Procédé selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que, les première (53) et deuxième (55) couches isolantes étant aptes à être gravées simultanément, la gravure de la deuxième couche
15 isolante (55) est d'abord menée de manière isotrope pour obtenir des ébauches (70) de cavités, atteindre la première couche conductrice (54) et y révéler des zones permettant de réaliser les trous (61) de la grille d'extraction, les trous (61) de la grille d'extraction
20 étant ensuite gravés dans la première couche conductrice (54), une gravure isotrope étant enfin poursuivie pour obtenir simultanément lesdits logements (71) dans la première couche isolante (53) et lesdites cavités (72) à ladite dimension dans la deuxième couche
25 isolante (55).

1/5



2/5

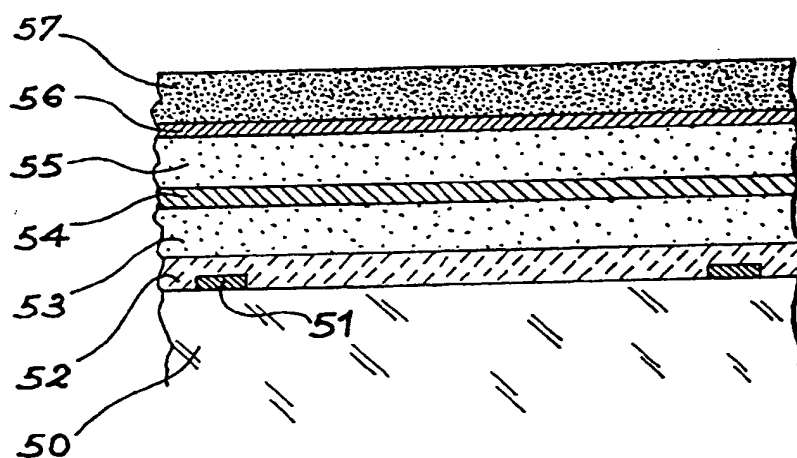


FIG. 3A

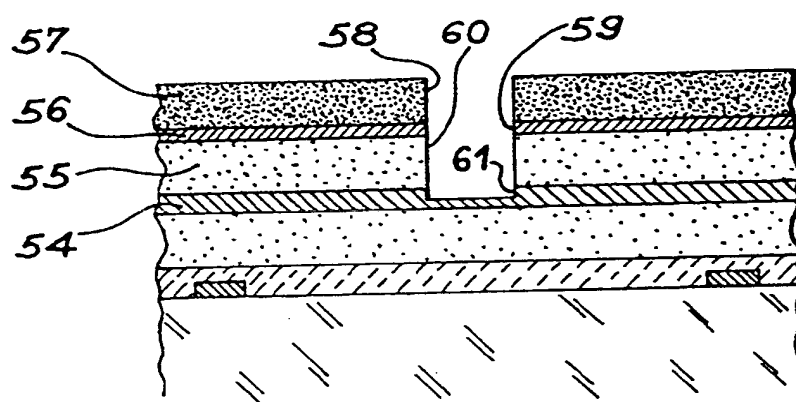


FIG. 3B

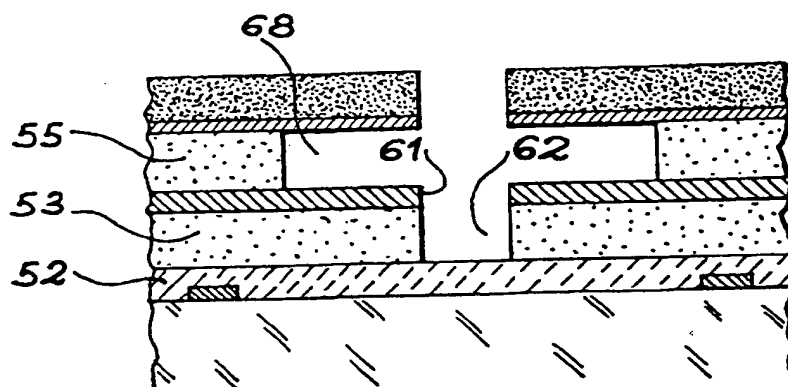


FIG. 3C

3 / 5

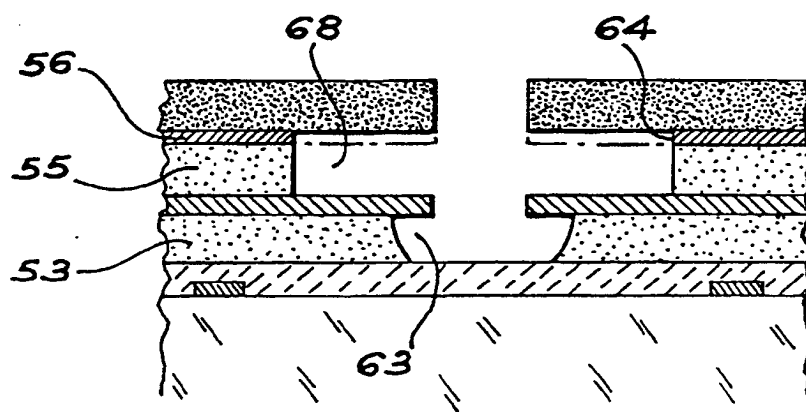


FIG. 3D

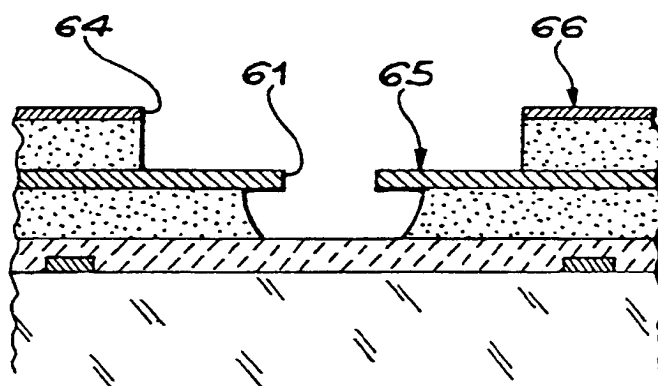


FIG. 3E

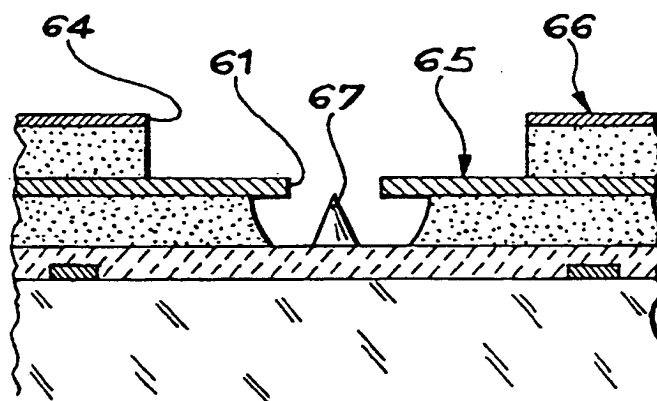


FIG. 3F

4/5

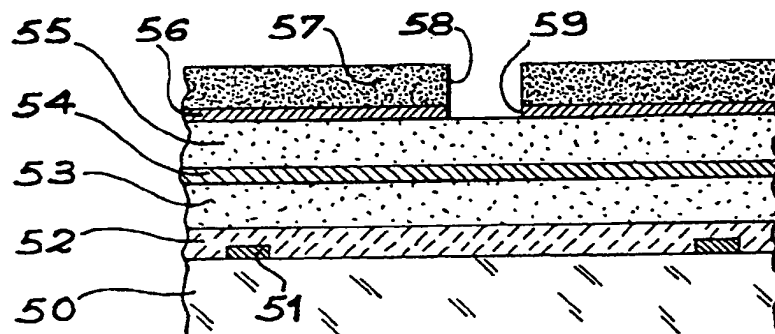


FIG. 4A

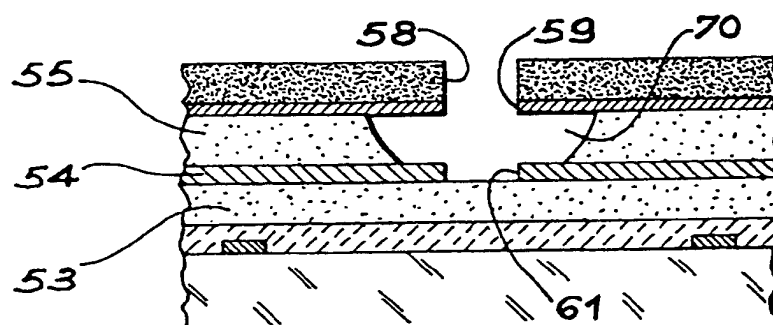


FIG. 4B

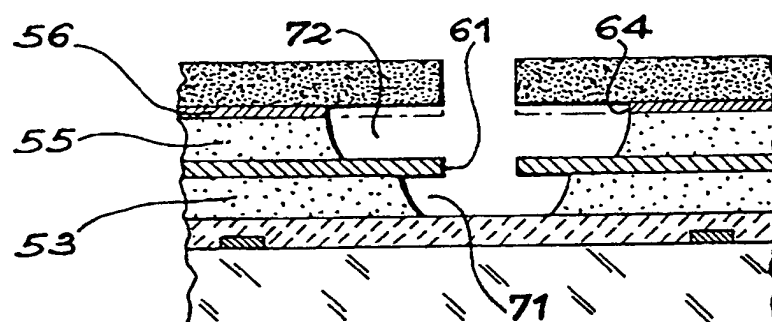


FIG. 4C

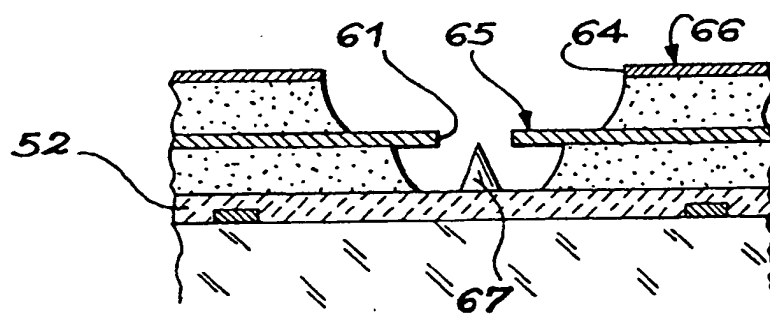


FIG. 4D

5/5

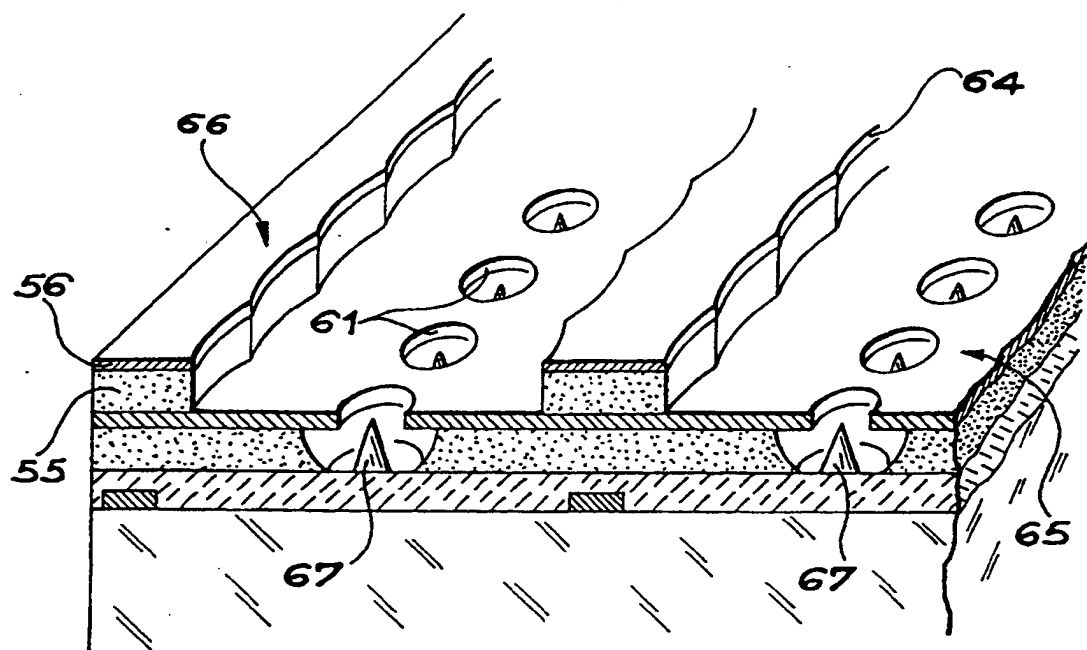


FIG. 5

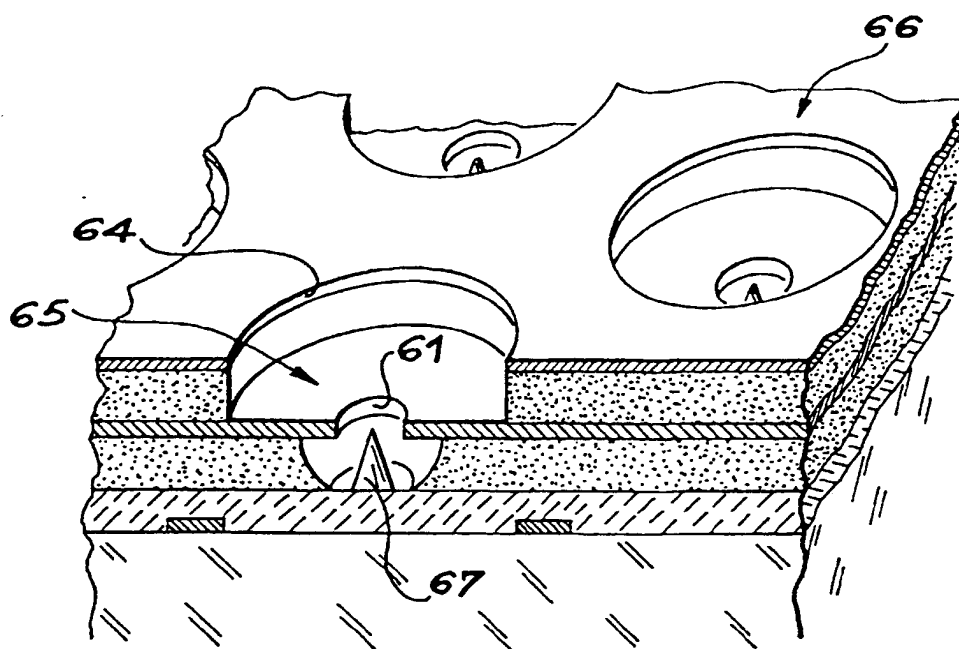


FIG. 6

